

信州大学理学部理学科生物学コース

2023 年度 3 年次編入試験

生物学

出題意図および正答例

問題 1

出題意図

自然淘汰と種概念についての理解を問う問題である。

問 1-1

種の保存のために自己犠牲する遺伝子は、自然淘汰のプロセスによって頻度を上げることができないからである。仮に、個体の利益のためにではなく、種の保存のための性質（種のために自己を犠牲にする性質、たとえば競合する別種に対して特攻隊的な攻撃を仕掛けて相手を倒して自分も死ぬというような）が突然変異で生じたとしよう。そのような性質をコードする遺伝子の効果によってその種の生き残り/絶滅が左右される（たとえば競合種を絶滅させることで種として生き残る）ためには極めて長い時間が必要だろう。しかし、その間に種内では個体レベルでの適応度を上げる利己的な性質をコードする遺伝子が増え、一方「種の保存のための自己犠牲する遺伝子」は特攻隊的な自殺によって減ってしまう。このため、そのような（種の保存のために自己犠牲する）性質がより残りやすく進化するという説明は間違っている。

問 1-2

同所的な 2 種では種間交雑が回避されるため、種間の形質差が大きくなるからである。同所的に存在し、有性生殖をおこなう近縁な 2 種の間では、間違っても異種間交配した場合、子世代の適応度は低くなるのが普通である。したがって、それぞれの種は自種をきちんと識別して自種とだけ交配するほうが有利なので、種間交雑を避けるようになる。この結果、種間の遺伝的な差異が大きくなり、種の区別が容易になる。ちなみに、異所的に分布する非常に近縁な 2 種は、もともと 1 種であったものが異所的種分化の過程にある場合が多い。このような場合、種分化の程度によって遺伝的な差異の程度はさまざまであり、種を区別することが困難となる。

問題 2

出題意図

個体間競争に関する基礎的な事項を理解しているかどうかを問う問題である。

問 2-1 ロジスティック成長

問 2-2 $dN/dt = rN(K - N)/K$ or $dN/dt = rN(1 - N/K)$

N: 個体数、K: 環境収容力、r: 内的自然増加率、t: 時間、 dN/dt : 個体数の増加率

問 2-3 密度効果

問 2-4 1 : 基本、2 : 実現

問 2-5 群集における、ある種の生態地位のことで、その種が存在できる環境要因や資源などの多次元空間の範囲を表す。

問 2-6 ニッチシフト

問 2-7 利用する資源が同じ複数の種は共存できないという理論。

問 2-8 (環境条件)

r 戦略 : 不安定かつ予測不可能、K 戦略 : 安定かつ予測可能

(r 戦略の特徴) (すべて正答のみ○とする)

ア、ウ、カ、ク

問題 3

出題意図

PCR 法の原理と応用の理解を問う出題である。

問 3-1

PCR は DNA の複製機構を模して温度制御で DNA を複製する方法。まず 95℃程度で鋳型 DNA を 1 本鎖に解離させる。このステップは生体内ではヘリカーゼが行う。続いて 60℃程度に温度を下げ、1 本鎖 DNA にプライマーを結合させる。最後に 70℃前後で好熱菌由来の DNA ポリメラーゼにより DNA の複製が行われる。この 3 ステップを繰り返すことにより、鋳型 DNA を指数関数的に増やすことが出来る。

問 3-2

リアルタイム PCR、デジタル PCR、遺伝子のクローニング、微生物の検出、マイクロサテライトによる親子鑑定など PCR を用いた実験の用途および手法について具体的に説明出来ていればよい。

問題 4

出題意図

動物の初期発生の仕組みに関連する基本的な知識、および図示された実験結果を読み取り、その結果から論理的に結論を導けるかと問う出題である。

問 4-1 領域の名称 オーガナイザー（形成体）、由来する胚葉 中胚葉

問 4-2 誘導

問 4-3 D1 割球のみが強い背側誘導能をもつことから、オーガナイザーは背側植物極細胞からの誘導により形成される。

問 4-4 卵母細胞形成時に蓄積され、初期発生時に細胞分化に関わる因子

問 4-5 VegT、Veg1 を持つ細胞は Nodal を発現し、 β -catenin が存在する細胞からの Nodal の分泌量が多くなる。 β -catenin を持ち、多量の Nodal を受け取る細胞がオーガナイザーに分化する。

問 4-6 予定表皮細胞は本来神経に分化する性質をもっているが、自身の分泌する BMP がこれを抑制している。低密度培養で細胞周囲の BMP が拡散して濃度が低下してしまうと、BMP が働かなくなり、神経細胞へと分化する。

（神経分化がデフォルトであること、BMP がオートクラインで働くこと、に言及していればよい。）

問 4-7 予定表皮細胞が分泌する BMP の働きを抑える物質（分子、因子）を分泌することで、神経分化を引き起こしている。

2022年6月3日

信州大学理学部理学科生物学コース 2023年度3年次編入試験

問題用紙

注意

- 1) 試験時間は10:00から12:30までです。
- 2) この問題冊子は表紙を含めて9ページです。すべての問題に解答すること。
- 3) 解答用紙は6枚です。解答はすべて解答用紙に記入すること。
- 4) すべての解答用紙の右上に受験番号を記入すること。
- 5) この問題用紙は試験終了時に解答用紙と一緒に回収します。

生物学

問題 1 以下の問いに答えよ。

問 1-1 生物のある自己犠牲的性質が「種の保存のために進化した」という説明は間違っている。なぜ間違いなのかについて、分かりやすく説明しなさい。

問 1-2 種という単位が実在するかどうかについては議論がある。しかし、同所的に存在し、有性生殖をおこなう近縁な 2 種については、非常に近縁な 2 種であっても、それぞれを独立の種として区別できる。なぜ、同所的な 2 種では種の区別がはっきりしているのかについて、分かりやすく説明しなさい。

問題2 文章を読み、問いに答えよ。

△実験室内でシヨウジョウバエを飼育したところ、個体数はゆっくりと増え始め、急激に増加した後に増加にブレーキがかかり、一定の個体数で安定した。

ある種が単独で存在するときの Bニッチ を (1) ニッチとよび、他種との競争によって変形させられたニッチのことを (2) ニッチとよぶ。*Hydrobia* 属の2種の貝の殻長と、それらが採る餌のサイズ(細かい砂粒を吸込み、その表面についた藻類をこし取る)を調べた。この貝は、一般に体サイズが大きいほど大粒の砂を吸い込む。この2種が異所的に生息している場合は、両種の殻長は同じくらいで、餌サイズもほぼ等しかった。それに対し、同所的に生息し競争している場合には、一方の種の殻長が大きくなり、その結果、cサイズのニッチも大粒の方へずれた。このように他種の存在、あるいは他種との D競争 によって、その種のニッチが変化しているかどうかを調べることで、種間競争の有無を判断することができる。

問 2-1 下線 A のような成長様式をなんとよぶか答えよ。

問 2-2 下線 A のような個体数の増加率を記述するモデル式を記せ。

問 2-3 個体密度の増加にともなって、何らかの要因により増加率が減少することをなんと呼ぶか答えよ。

問 2-4 カッコ内に入る語句を答えよ。

問 2-5 下線 B の用語の意味を説明せよ。

問 2-6 下線 C のような現象を何とよぶか、答えよ。

問 2-7 下線 D に関連して、「ガウゼの競争排除則」について説明せよ。

問 2-8 生物の生存戦略として、r 戦略と K 戦略がある。それぞれ、どのような環境条件に適しているのかを述べよ。また、以下の選択肢から、K 戦略の種に比べて r 戦略の種の特徴として正しいものを選択し記号で答えよ (複数)。

ア) 小卵多産、イ) 大卵少産、ウ) 性成熟は早い、エ) 性成熟は遅い、オ) 成熟個体の体サイズは大きい、カ) 成熟個体の体サイズは小さい、キ) 世代時間は長い、ク) 世代時間は短い

問題3 以下の問いに答えよ。

問3-1 PCR (Polymerase chain reaction) の原理について以下の括弧内の語句を全て用いて説明せよ。

(温度、プライマー、鋳型 DNA、ヘリカーゼ、DNA ポリメラーゼ、好熱菌、DNA の複製機構)

問3-2 PCR を用いる実験の名称を2つ挙げ、それぞれ用途および手法を説明せよ。

問題4 文章と図をもとに、以下の問いに答えよ。

両生類の胚を用いた移植実験から、将来、背側の一部を形成する細胞群から移植先で周囲の細胞の予定運命を変更させ、結果的に二次軸を形成する A領域 が見つかった。例えばこの領域自体は脊索を形成し、B隣接する外胚葉の細胞を表皮ではなく神経へと分化させる。この働きは、この領域と隣接する外胚葉の間に薄いフィルターを挟み込んでも阻害されない。

32細胞期の胚から図1のように最も動物局側の細胞A1～A4を分離し、別の胚から分離した植物局側の4つの割球とそれぞれを単独で接触させて培養し、A1～A4が背腹軸のどの領域へ分化するかを調べたところ図1のような結果が得られた。

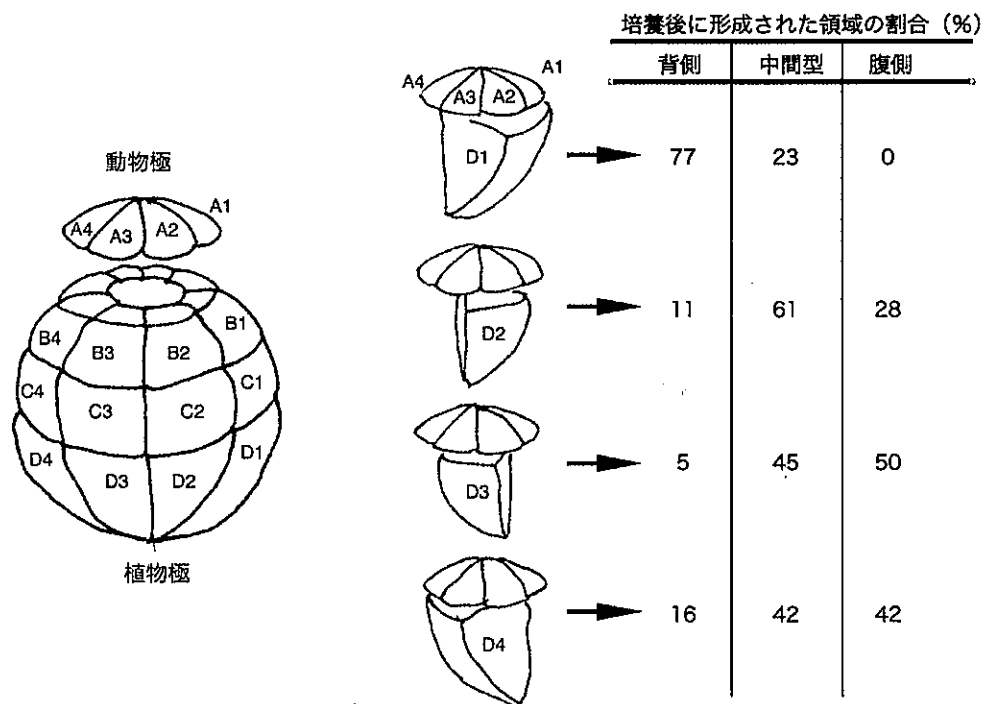


図1 植物極割球の動物極細胞に与える影響

その後、この領域が生じる際に働く分子機構を調べるために、Stage 8 胚に分布する分子および Stage 9 胚で遺伝子発現を調べたところ、図2のような結果が得られた（それぞれの胚の断面を、☆は VegT および Veg1 の、●は β-catenin の分布域をそれぞれ表す。また Stage 9 胚の Nodal 発現領域の大小は分泌量の大小を模式的に表し、産生した Nodal は矢印のように分泌される）。また、ここに挙げられた分子のうち VegT、Veg1 は c母性効果因子 であり、β-catenin は未受精卵では植物極に存在していたが、受精刺激により図2に示したような分布になっていた。

続いて、下線 A の領域が働く仕組みを調べるために、胞胚の時期の予定表皮領域（外胚葉）を切り出し、固まりのまま培養した場合と、細胞をバラバラにしてシャーレ上に

個々の細胞がほとんど接することがないような低密度でそれぞれ培養した。その結果、D固まりのまま培養したものは予定運命どおり表皮に分化したが、バラバラにした方は神経細胞へと分化した。さらに、このようにバラバラにして培養している細胞の培養液にBMPというタンパク分子を加えて培養したところ、これらの細胞はバラバラのまま表皮へと分化した。

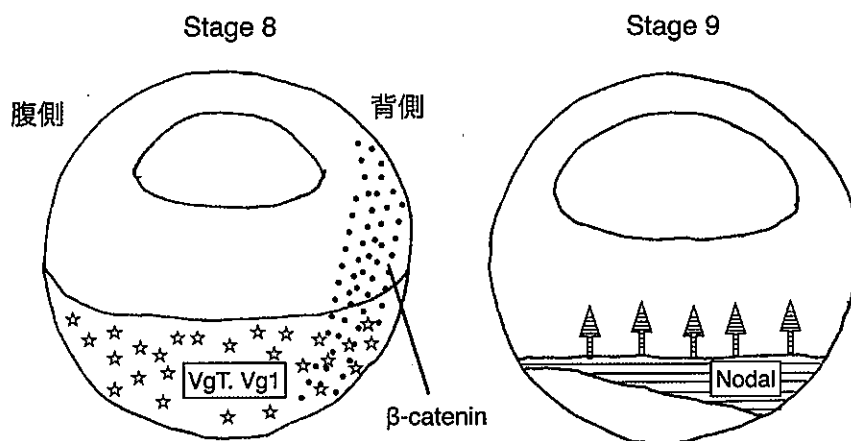


図2 胞胚内に見られた分子の局在

- 問 4-1 下線 A の領域の名称、および由来する胚葉を答えよ。
- 問 4-2 動物の発生に見られる下線 B のような現象を一般的に何と呼ぶか、答えよ。
- 問 4-3 図 1 の実験から、この領域が生じるのはどのような仕組みによると考えられるか、理由とともに述べよ。
- 問 4-4 下線 C の母性効果因子について説明せよ。
- 問 4-5 下線 A の領域は、VegT、Vg1、 β -catenin の 3 分子がどのように作用して形成されるか、図 2 から考えられることを述べよ。
- 問 4-6 下線 D の実験結果からどのようなことが考えられるか、述べよ。
- 問 4-7 下線 A の領域はどのようにして隣接する外胚葉に神経分化を引き起こしていると考えられるか、述べよ。

英語問題は理学部入試事務室窓口で閲覧できます。

英語問題は理学部入試事務室窓口で閲覧できます。